

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Akihiko YOSHIKAWA et al.

Group Art Unit: 2812

Application No.: 10/667,333

Filed: September 23, 2003

Docket No.: 117258

For: SEMICONDUCTOR DEVICE HAVING A NITRIDE-BASED HETERO-STRUCTURE
AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country(ies) is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-280082 filed on September 25, 2002

Japanese Patent Application No. 2003-314057 filed on September 5, 2003

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications:

☒ are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these documents.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/mlo

Date: March 16, 2004

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

<p>DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461</p>

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 2 5 日
Date of Application:

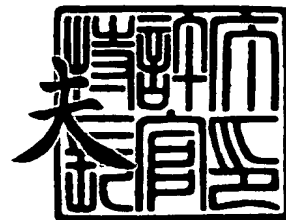
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 8 0 0 8 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 8 0 0 8 2]

出 願 人 千 葉 大 学 長
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 U2002P143

【提出日】 平成14年 9月25日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01S 3/00

【発明の名称】 窒化物系ヘテロ構造を有するデバイス及びその製造方法

【請求項の数】 2

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県千葉市花見川区畑町 3 1 0 3 の 1 9 5

 【氏名】 吉川 明彦

【発明者】

 【住所又は居所】 千葉県千葉市稲毛区千草台 2 - 2 - 1 9 - 4 0 4

 【氏名】 徐 科

【特許出願人】

 【識別番号】 394010252

 【氏名又は名称】 千葉大学長 磯野 可一

【代理人】

 【識別番号】 100072051

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

 【識別番号】 100059258

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9816372

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物系ヘテロ構造を有するデバイス及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 InN それ自体又は InN を主成分とし窒化物系ヘテロ構造を有し、少なくとも一部について窒素極性表面又はそれと同様な特性を有する表面となる結晶を有することを特徴とする窒化物系ヘテロ構造を有するデバイス。

【請求項 2】 InN それ自体又は InN を主成分とし窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスの製造方法であって、少なくとも一部について窒素極性表面又はそれと同様な特性を有する表面となる結晶を前記デバイスに形成することを特徴とする窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、 InN 自身又は InN を主成分とした窒化物系ヘテロ構造を有する光学的及び／又は電子的なデバイス（光通信用光源としての温度特性に優れた半導体レーザダイオード・発光ダイオード、フェムト秒領域の超高速光制御デバイス、共鳴トンネルダイオード、超高速・超省電力デバイスなど）並びにその製造方法に関するものである。本明細書中、 InN を主成分とするとは、材料中に InN を 5 0 % 以上含むことを意味するものとする。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

InN 自身又は InN を主成分とした窒化物及びそのような窒化物を含むデバイスは、きわめて広い温度範囲で使用可能で、多量の画像情報通信が必須となる近未来の超高速・超広帯光情報通信時代の光源や中継基地局の超高速・大電力増幅器などの基幹の光・電子デバイス・材料として利用可能である。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、 InN それ自体又は InN を主成分とした混晶の結晶成長は、自身の平衡蒸気圧が高く結晶成長（ヘテロエピタキシ）が極めて難しい。また、ター

ゲットとしている光通信波長域の光デバイスおよび超高速・超省電力高性能電子デバイスは、いずれも超薄膜・超急峻ヘテロ界面を有する必要がある、いわゆるステップフロー成長などの一分子層レベルでの平坦性を有するエピタキシの実現が困難であるのが現状である。

【0004】

本発明の目的は、一分子層レベルでの平坦性を有するエピタキシの実現が容易にできる窒化物系ヘテロ構造を有するデバイス及びその製造方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明による窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスは、InNそれ自体又はInNを主成分とし窒化物系ヘテロ構造を有し、少なくとも一部について窒素極性表面又はそれと同様な特性を有する表面となる結晶を有することを特徴とする。

また、本発明による窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスの製造方法は、InNそれ自体又はInNを主成分とし窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスの製造方法であって、少なくとも一部について窒素極性表面又はそれと同様な特性を有する表面となる結晶を前記デバイスに形成することを特徴とする。

【0006】

本発明によれば、少なくとも一部について窒素極性表面又はそれと同様な特性を有する表面（例えば表面に対して 10° 以内の傾斜を有するようにしたもの）となる結晶を形成することによって、エピタキシ及びデバイスの製造の際に、例えば窒素過剰の条件下としてステップフロー2次元成長のように平坦性に優れた表面を得やすくなるので、一分子層レベルでの平坦性を有するエピタキシの実現が容易にできる窒化物系ヘテロ構造を有するデバイス及びその製造方法が実現可能となる。なお、InNそれ自体又はInNを主成分としたエピタキシは、エピタキシ自体が困難であり、本発明以外では、ステップフロー2次元成長が実現されていない。

【0007】

【発明の実施の形態】

本発明による窒化物系ヘテロ構造を有するデバイス及びその製造方法の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明による窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスの断面図である。このデバイスは、表面を窒化したc面サファイア基板1と、Ga_{0.9}N_{0.1}バッファ層、In_{0.1}N_{0.9}バッファ層又はAl_{0.1}Ga_{0.9}In_{0.1}N_{0.9}混晶バッファ層2と、N極性Ga_{0.9}N_{0.1}層3と、N極性Al_{0.1}N_{0.9}層4と、N極性In_{0.1}N_{0.9}/In_{0.1}Ga_{0.9}N_{0.1}多重層デバイス構造5と、Al_{0.1}極性Al_{0.1}N_{0.9}層6と、Ga_{0.9}N_{0.1}キャップ層7とを有する。

【0008】

図2は、本発明による窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスを製造するためのエピタキシシステムであり、図3は、N極性Ga_{0.9}N_{0.1}テンプレート上へのIn_{0.1}N_{0.9}成長シーケンスの例である。図2のエピタキシシステムは、メインチャンバ11と、ロードロックチャンバ12と、直衝突同軸イオン散乱分光装置(CAICISS)13と、窒素源用高周波プラズマセル14と、分光エリプソメータ(SE)15と、超高真空走査トンネル顕微鏡/原子力間顕微鏡16と、高エネルギー反射電子線回折装置17とを具える。

【0009】

図4は、Ga_{0.9}N_{0.1}上へのIn_{0.1}N_{0.9}成長の分光エリプソメータ(SE)によるその場観察を示す図であり、図5は、直衝突同軸イオン散乱分光装置で解析したIn_{0.1}N_{0.9}の極性を示す図である。図5において、Ga_{0.9}N_{0.1}基板およびIn_{0.1}N_{0.9}エピ膜ともに窒素極性であることを示している。

【0010】

図6Aは、In_{0.1}N_{0.9}エピタキシ膜の走査電子顕微鏡像の表面写真であり、図6Bは、In_{0.1}N_{0.9}エピタキシ膜の原子間力顕微鏡像の表面写真である。図6A及び6Bのいずれにおいても、ステップフロー2次元成長によりきわめて平坦な表面となっていることを示している。

【0011】

図7は、In_{0.1}N_{0.9}エピタキシ膜のX線折評価：(002)および(102)面のロッギングカーブ半値幅を示す図である。これらは、いずれも230および970角度秒となっており、また、電子移動度も室温で1400 cm²/V・secと大き

いことを示している。

【0012】

本実施の形態によれば、分子線エビタキシ (MBE) 法などで、上述の InN 系窒化物半導体デバイスを作製する上で、窒素極性表面あるいはそれと同等の特徴・作用を発現する表面になるように結晶を作製すること、あるいはそのような結晶作製条件を実現することにより、超薄膜・超急峻ヘテロ接合デバイスを作製することが他の場合と比較してきわめて容易に実現可能となる。

【0013】

図8は、本発明によるデバイスの第1の実施の形態を示す図である。このデバイスは、一般に量子ヘテロ構造レーザーダイオードとして実現されるが、発光ダイオードとして実現することもできる。このデバイスは、以下の特徴を有する。

(1) GaN に p 型ドーピングを有するとともに、表面に p 型コンタクトを有する。

(2) AlN による活性層にキャリア閉じ込めを有する。

(3) 極性反転 AlN 層を有する。

【0014】

図9は、本発明によるデバイスの第2の実施の形態を示す図である。このデバイスは、活性層に量子ドットを有するレーザーダイオードとして実現されるが、発光ダイオードとして実現することもできる。

【0015】

図10は、本発明によるデバイスの第3の実施の形態を示す図である。このデバイスは、InN をベースとした HEMT (高電子移動度トランジスタ) として実現される。

【0016】

図11は、本発明によるデバイスの第4の実施の形態を示す図である。このデバイスは、電界変調型光変調器として実現される。

【0017】

図12は、本発明によるデバイスの第5の実施の形態を示す図である。このデバイスは、光及び電子制御光変調器 (量子井戸構造中のバンド内電子遷移を利用

したもの)として実現される。

【0018】

図13は、本発明によるデバイスの第6の実施の形態を示す図である。このデバイスは、光及び電子制御光変調器（活性層と量子ドットを含む構造中のバンド内電子遷移を利用したもの）として実現される。

【0019】

本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、幾多の変更及び変形が可能である。

例えば、N極性表面あるいは同様の特徴・利点を発現する表面上に、エピタキシおよびデバイス作製をするときに、成膜条件を変えることにより、一部に量子ドットを含む構造のデバイス（量子ドットレーザダイードなど）、を作製することも可能で、この際にも、たとえば量子ドットを含む活性層をスタックしたり、また活性層全体あるいはクラッド層などをデバイス品質にて作製する上でも本発明が必要となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスの断面図である。

【図2】 本発明による窒化物系ヘテロ構造を有するデバイスを製造するためのエピタキシシステムである。

【図3】 N極性GaNテンプレート上へのInN成長シーケンスの例である。

【図4】 GaN上へのInN成長の分光エリプソメトリ（SE）によるその場観察を示す図である。

【図5】 直衝突同イオン散乱分光装置で解析したInNの極性を示す図である。

【図6】 図6Aは、InNエピタキシ膜の走査電子顕微鏡像の表面写真であり、図6Bは、InNエピタキシ膜の原子間力顕微鏡像の表面写真である。

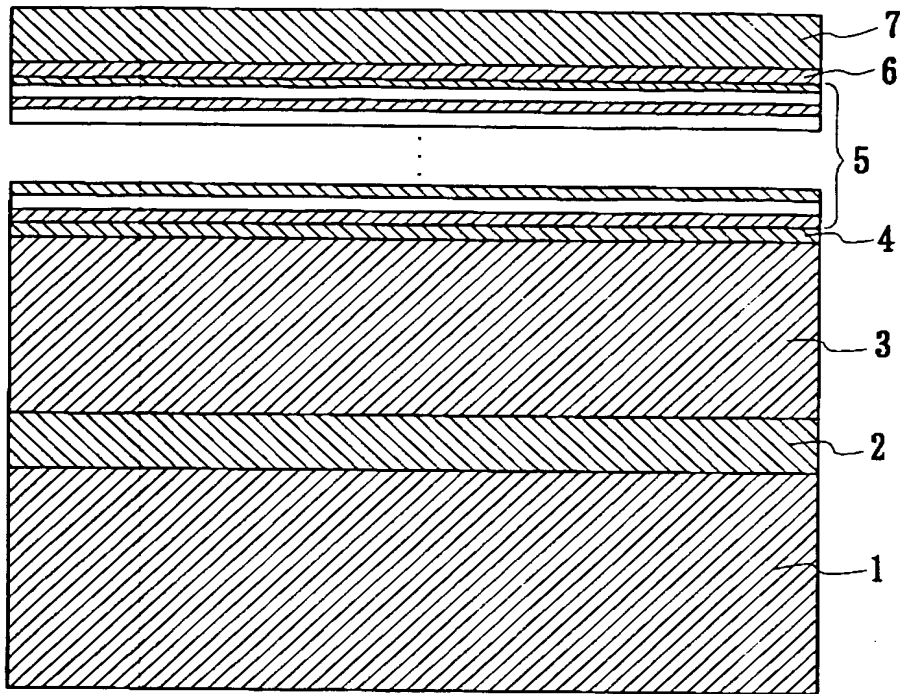
【図7】 InNエピタキシ膜のX線折評価：（002）および（102）面のロックングカーブ半値幅がそれぞれ230及び970角度秒となっており、また、電子移動度も大きいことを示す図である。

【図8】 本発明によるデバイスの第1の実施の形態を示す図である。

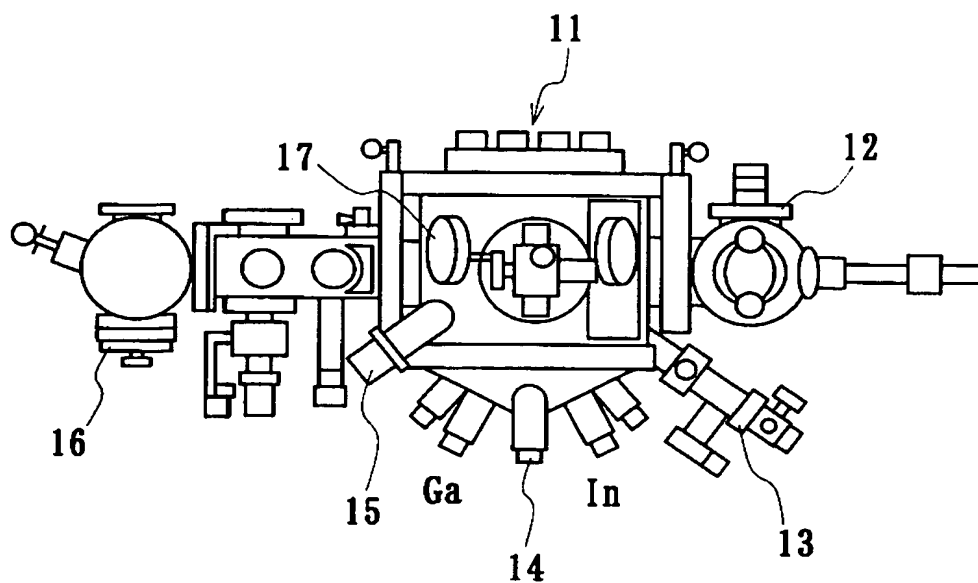
- 【図 9】 本発明によるデバイスの第 2 の実施の形態を示す図である。
- 【図 1 0】 本発明によるデバイスの第 3 の実施の形態を示す図である。
- 【図 1 1】 本発明によるデバイスの第 4 の実施の形態を示す図である。
- 【図 1 2】 本発明によるデバイスの第 5 の実施の形態を示す図である。
- 【図 1 3】 本発明によるデバイスの第 6 の実施の形態を示す図である。

【書類名】 図面

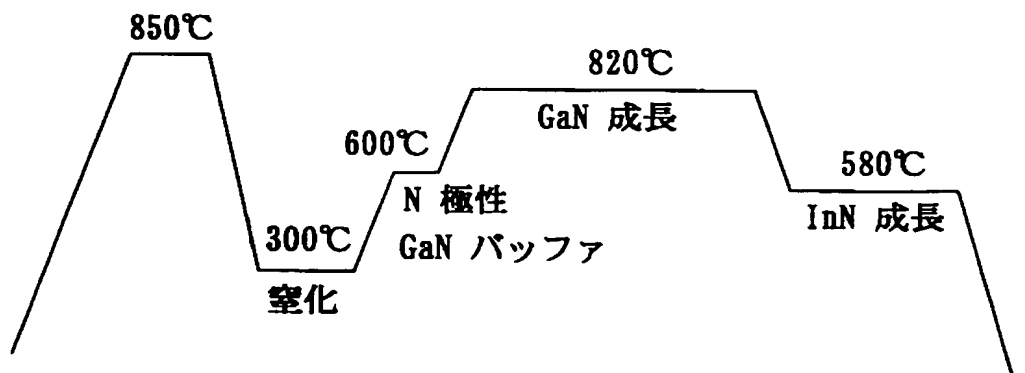
【図 1】



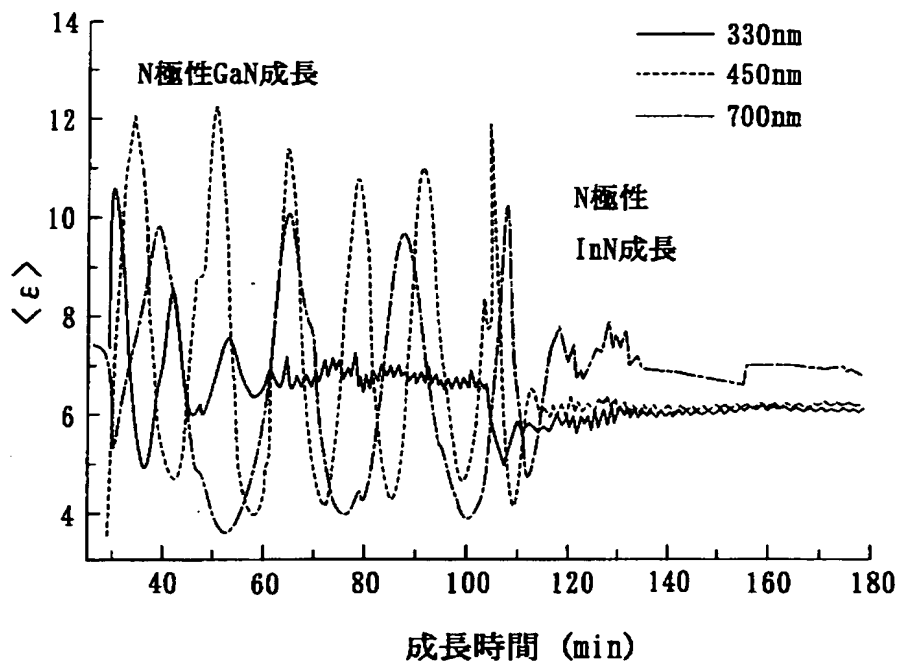
【図 2】



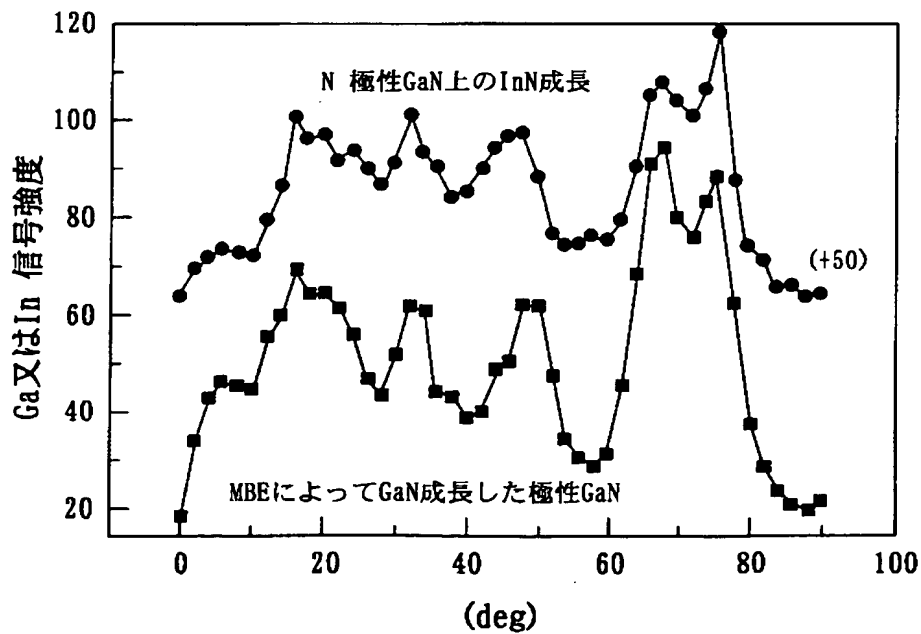
【図 3】



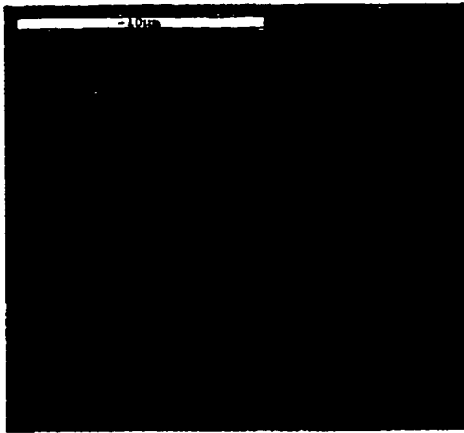
【図 4】



【図 5】



【図 6】

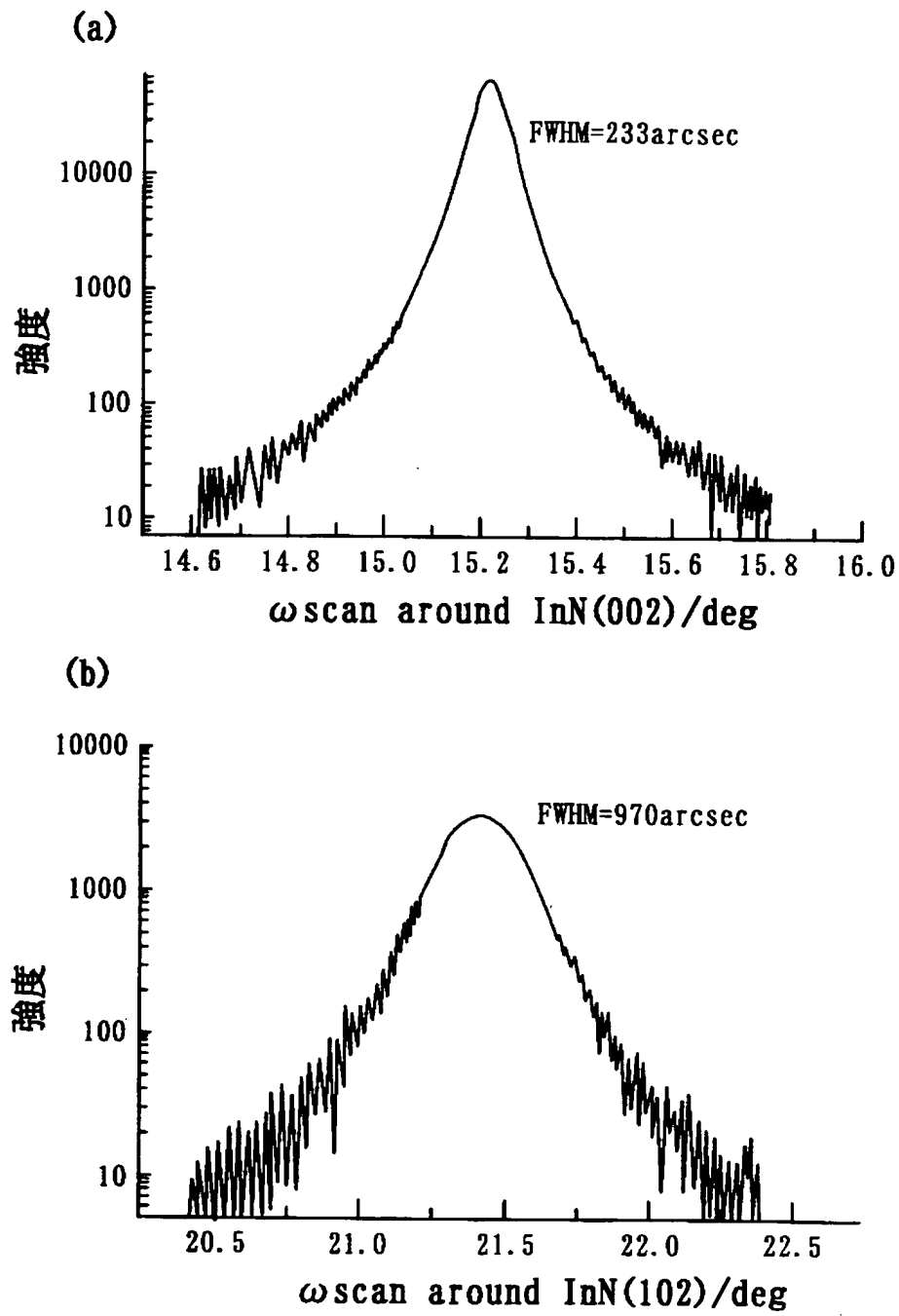


A

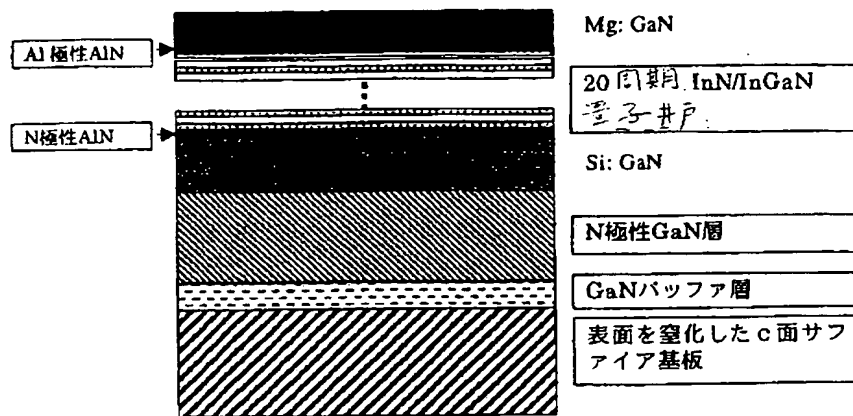


B

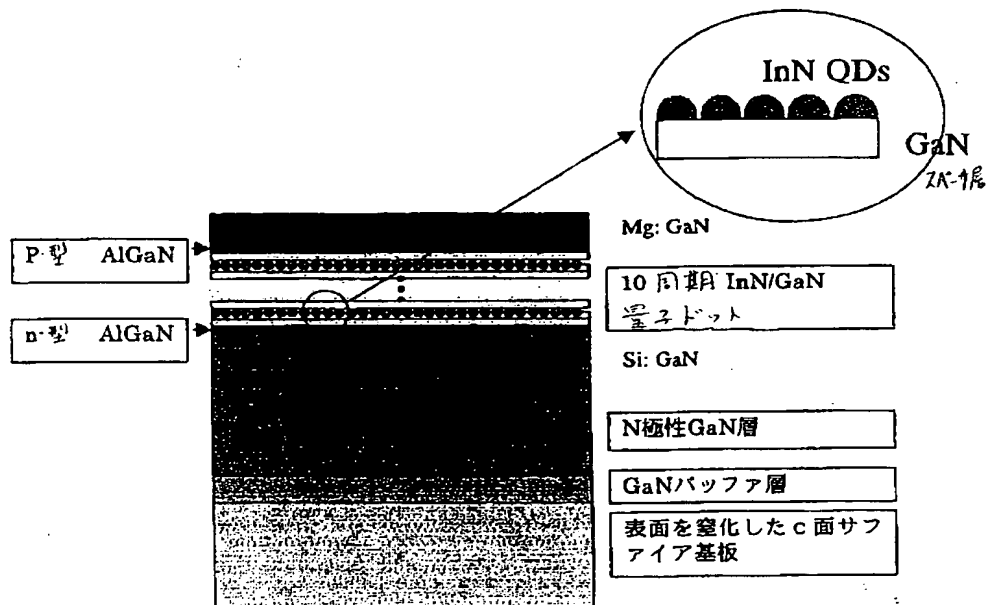
【図 7】



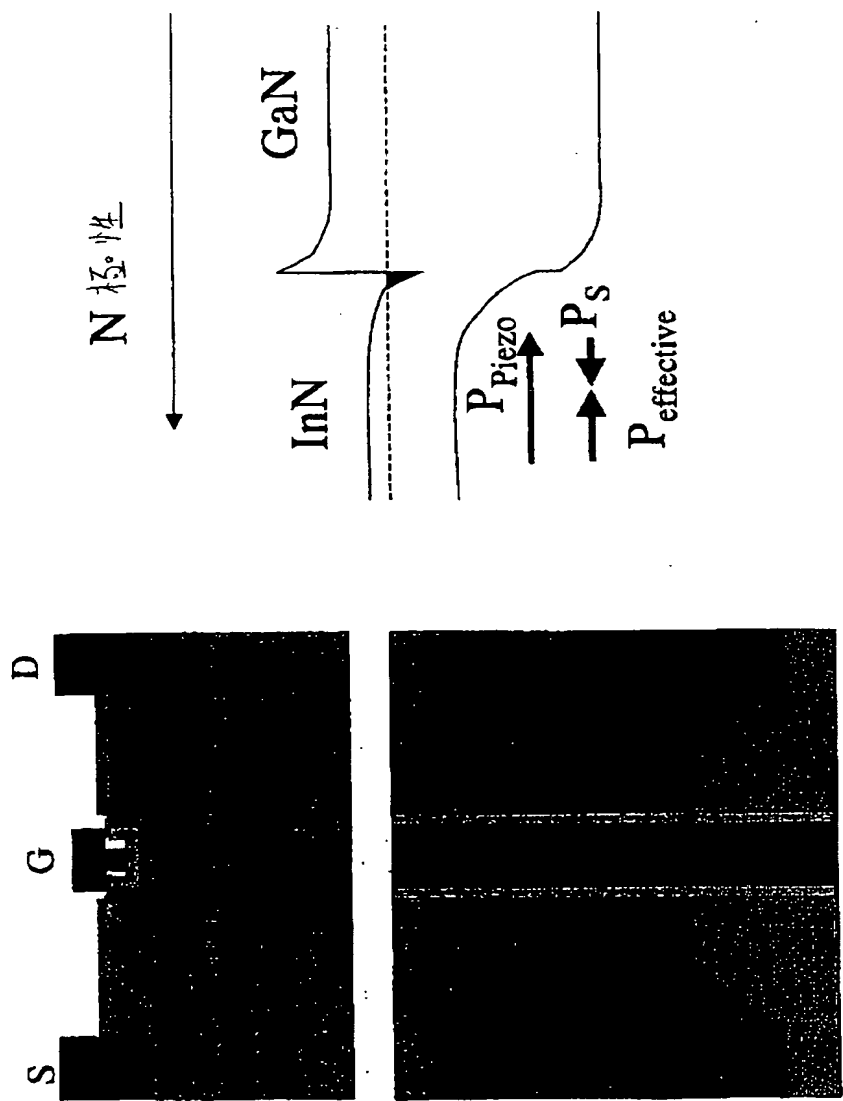
【図 8】



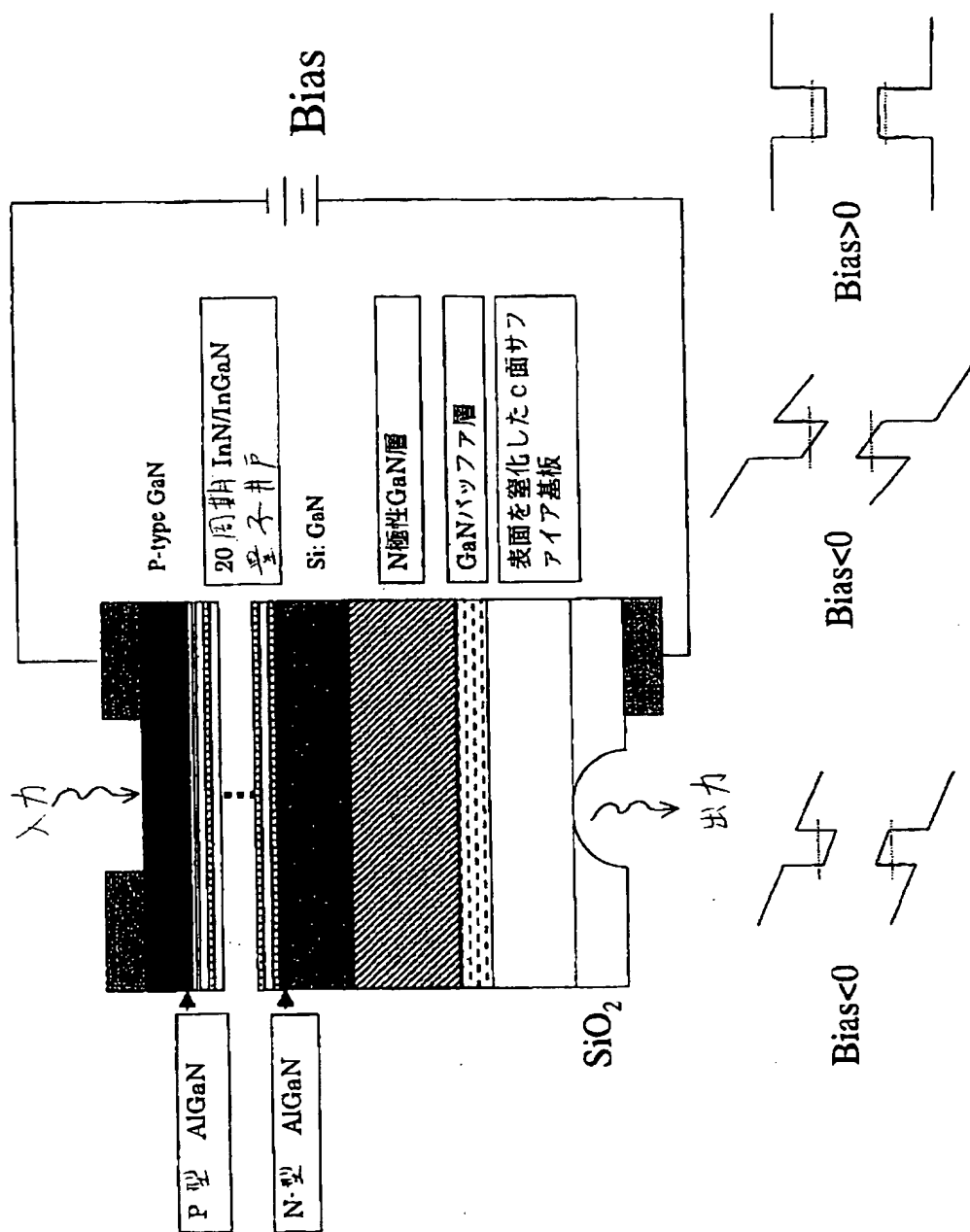
【図 9】



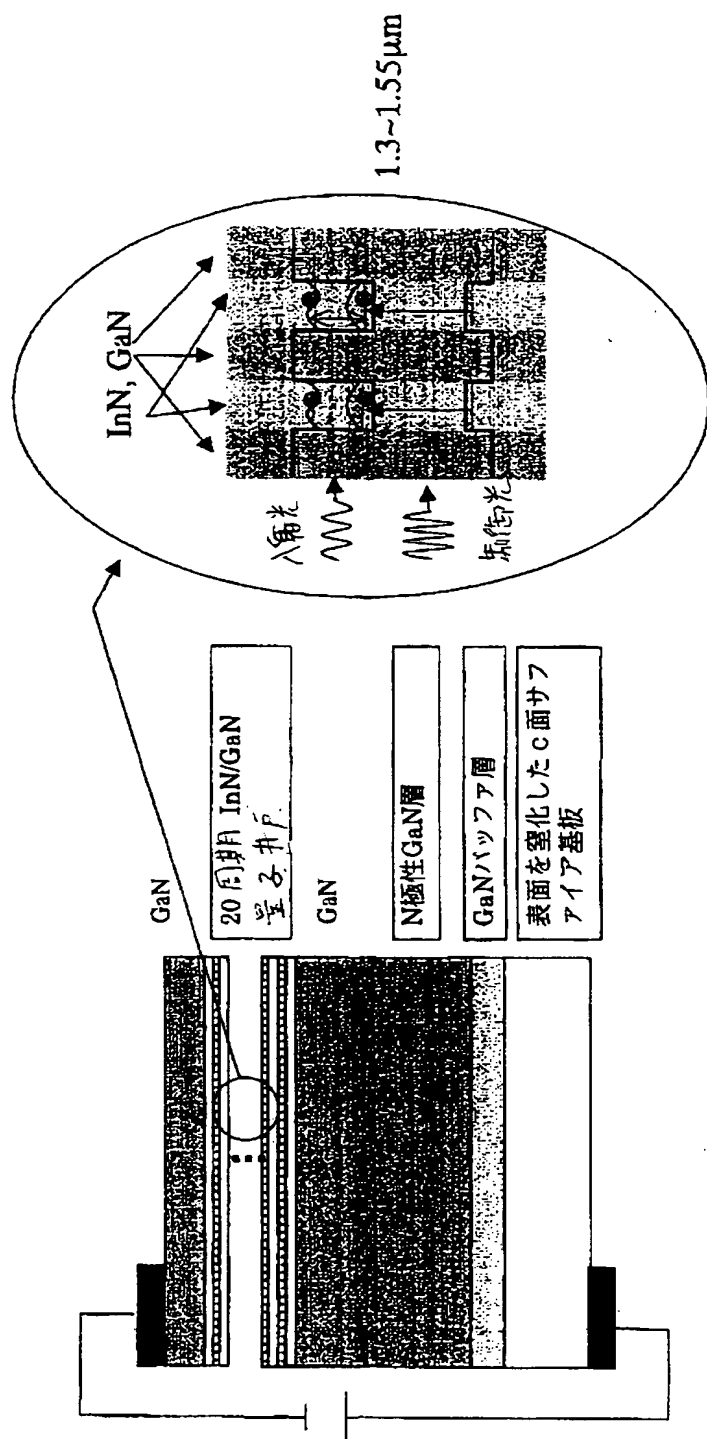
【図 10】



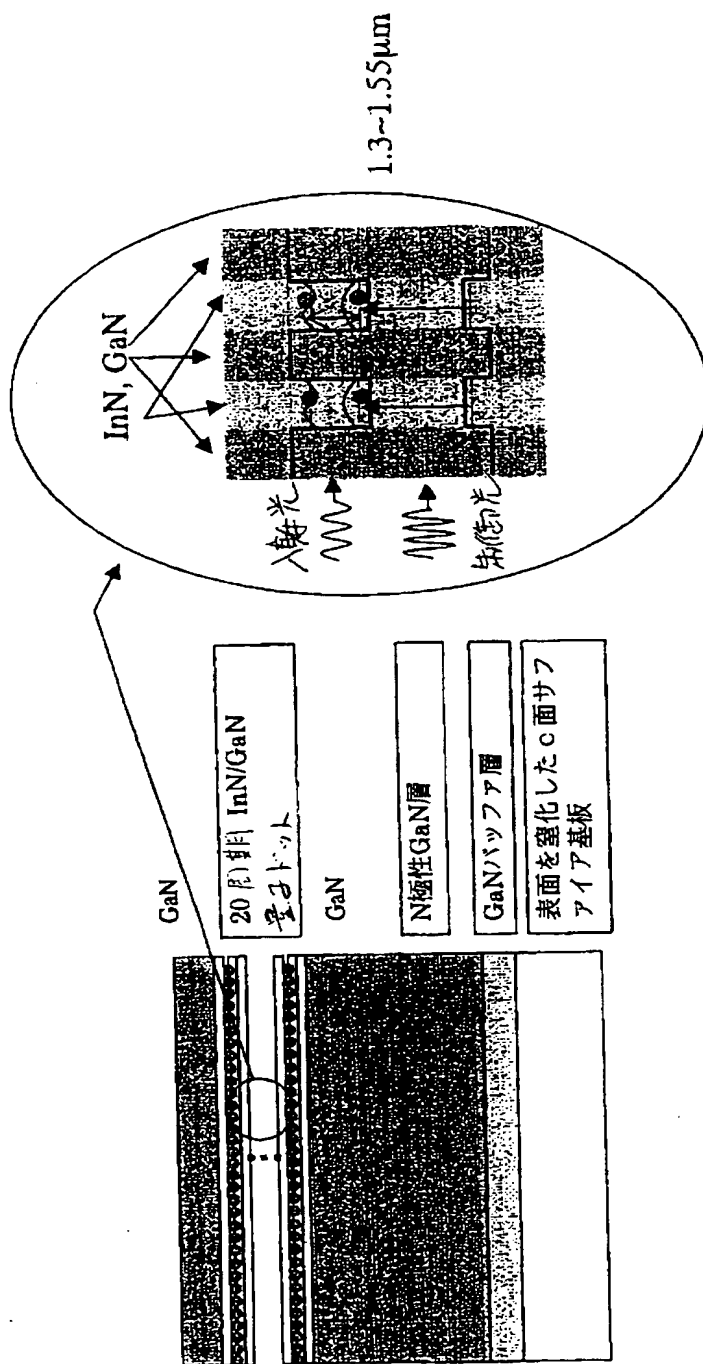
【図11】



【図 12】



【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一分子層レベルでの平坦性を有するエピタキシの実現が容易にできる窒化物系ヘテロ構造を有するデバイス及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明によるデバイスは、表面を窒化したc面サファイア基板1と、Ga₂Nバッファ層2と、N極性Ga₂N層3と、N極性AlN層4と、N極性InN／InGa₂N多重層デバイス構造5と、Al極性AlN6と、Ga₂Nキャップ層7とを有する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-280082
受付番号	50201435916
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成 14 年 9 月 26 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】	394010252
【住所又は居所】	千葉県千葉市稲毛区弥生町 1 番 33 号
【氏名又は名称】	千葉大学長

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100072051
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 3-2-4 霞山ビル 7 階
【氏名又は名称】	杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】	100059258
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関 3-2-4 霞山ビル 7 階
【氏名又は名称】	杉村 暁秀

次頁無

特願 2 0 0 2 - 2 8 0 0 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 9 4 0 1 0 2 5 2]

1. 変更年月日

1 9 9 4 年 4 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

千葉県千葉市稲毛区弥生町 1 番 3 3 号

氏 名

千葉大学長